

MOTRICIDAD OROFACIAL

Fundamentos basados en evidencias

2ª edición

Coordinadores

Franklin Susanibar
David Parra
Alejandro Dioses

Volumen 1



Susanibar F, Guzman M, Dacillo C. Fisiología de la respiración para fonoaudiología. In: Susanibar F, Parra D. Dioses A (Coord.). Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias. Madrid: EOS. 2013.

11

FISIOLOGÍA DE LA RESPIRACIÓN PARA FONOAUDIOLOGÍA

Franklin Susanibar
Marco Guzmán
Cynthia Dacillo

1. INTRODUCCIÓN

La fonoaudiología es definida como la especialidad y disciplina académica que estudia el desarrollo; alteraciones y contrastes de la comunicación humana referentes a la audición, escritura, lenguaje, habla-voz y sistema motriz oral y cervical; con la finalidad de desarrollar, habilitar, rehabilitar y perfeccionar los patrones comunicativos[1,2]. A su vez, esta especialidad se subdivide en áreas más específicas de actuación tales como: audiología, voz, motricidad orofacial y lenguaje/aprendizaje[1].

La respiración es una función que interviene directamente en la producción de la voz/habla y su disfunción puede conllevar a que estas se alteren[1-13] o inclusive puede modificar la morfología y postura de las estructuras fonoarticulatorias – EFAs y corporal, alterando otras funciones como la masticación y deglución[14-23]. En ese sentido, los fonoaudiólogos que actúan en las áreas de Voz y Motricidad Orofacial, son los encargados de evaluar el **tipo** y **modo** respiratorio con la finalidad de detectar cualquier anormalidad y realizar una atención preventiva, rehabilitar y/o derivar a otro especialista.

No obstante, para que el fonoaudiólogo pueda diagnosticar y tratar los problemas de respiración, es importante que conozca y comprenda el papel fisiológico de todas las estructuras anatómicas que participan en esta función[6], además de los parámetros de normalidad y alteración que se registran durante las diversas adaptaciones funcionales que se dan en el ciclo respiratorio.

En el presente capítulo se describirán las estructuras implicadas en el proceso de conducción del aire hacia los pulmones y las adaptaciones fisiológicas de cada estructura de acuerdo al objetivo funcional de la respiración.

2. RESPIRACIÓN

La respiración incluye dos procesos: 1) la respiración externa (ingreso de O_2 y la expulsión de CO_2 corporales) y 2) la respiración interna (empleo de O_2 por las células y los intercambios gaseosos entre éstas y su medio líquido)[24]. En este capítulo, nos enfocaremos en el primer proceso, el cual es evaluado y tratado por el Fonoaudiólogo.

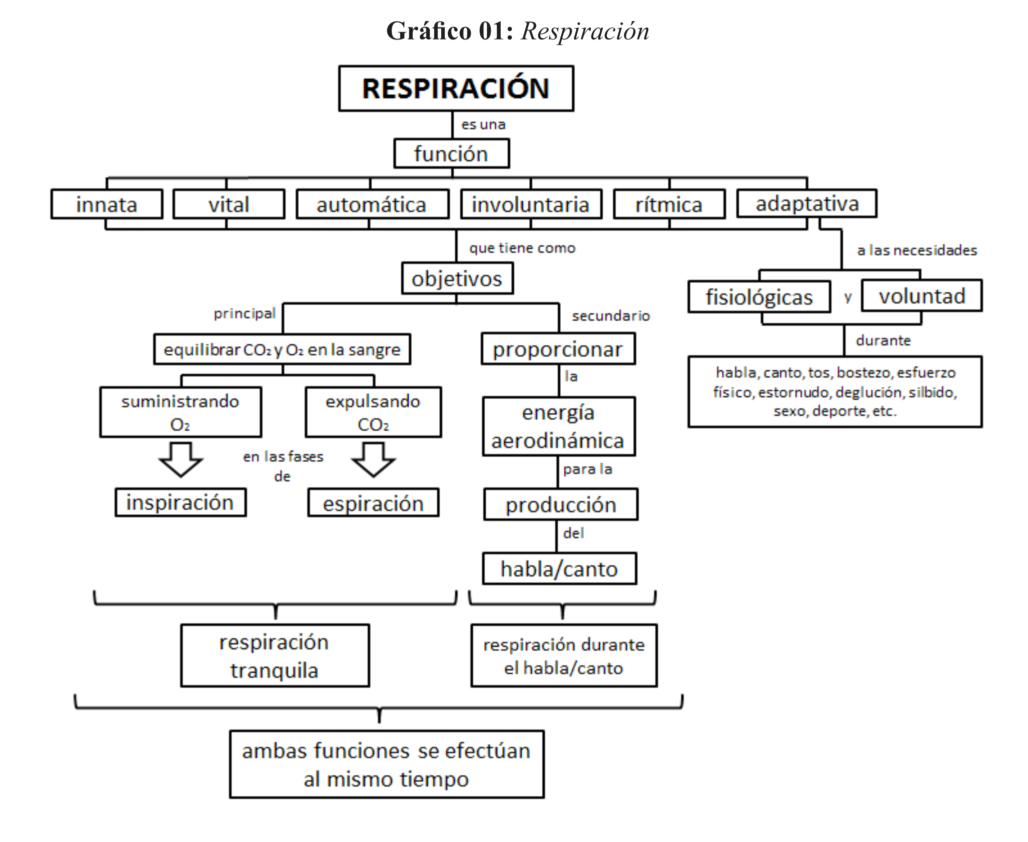
La respiración es una función innata, vital, automática, rítmica y principalmente involuntaria;[2,25,26,30,31] la cual puede ser adaptativa y así ajustarse a las necesidades fisiológicas, de forma **indirecta** como durante el habla, canto, ejercicio físico; **refleja** durante la tos, estornudo, suspiro, deglución y/o **voluntaria** de manera directa cuando el individuo decide parar de respirar[25,26,30,31]. A partir de ello, se infiere que cada persona puede efectuar inspiraciones más profundas, cortas, nasales, orales u oronasales; espiraciones largas, cortas, fuertes, suaves, nasales, orales u oronasales o inclusive generar apneas.

Esta función tiene como **principal** objetivo, mantener equilibradas las cantidades de O_2 y CO_2 en la sangre, suministrando O_2 a los tejidos y eliminando CO_2 del organismo. Esta función primordial es observada de manera aislada en la respiración tranquila[2,11,24,26-35]. Este objetivo se sigue cumpliendo durante el habla/canto en la que la respiración tendrá un doble papel[2,36], encargándose de proporcionar la energía aerodinámica necesaria para estas funciones además de efectuar el intercambio gaseoso necesario para mantenernos vivos[94]. En relación a la energía aerodinámica necesaria para la fonación, específicamente la respiración proporciona el flujo transglótico y la presión subglótica, las que conjuntamente determinan el total de la energía aerodinámica[93].

La respiración se realiza en dos fases, inspiratoria (toma de aire) y espiratoria (expulsión de aire) ambas representan un ciclo respiratorio. Los ciclos variarán de acuerdo al objetivo de la respiración. Así, podemos diferenciar dos mecanismos de respiración en relación con el objetivo que cumplirá: a) si este es únicamente oxigenar se denominará **respiración tranquila**[24,28,29,32,34,36,58] (también llamada de vital[2,58], basal[26], silente[58], pasiva[58] o de reposo[29,58,81]); o b) si además de oxigenar también creará la energía aerodinámica para el habla/canto, será denominada como **respiración durante el habla/canto**[2,28-30,32-38] o respiración activa. A continuación, se describirán las características de ambas formas respiratorias.

Susanibar F, Guzman M, Dacillo C. Fisiología de la respiración para fonoaudiología. In: Susanibar F, Parra D. Dioses A (Coord.). Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias. Madrid: EOS. 2013.

Gráfico 01: *Respiración*



Respiración tranquila

Durante la respiración tranquila, los ciclos respiratorios son poco variables entre sí[36,61]; siendo automáticamente controlados por los centros respiratorios del tronco cerebral, puente y bulbo, además de la médula espinal[26,29,30,62]. Asimismo, se caracterizan por ser tranquilos y naturales. Sin embargo, las dos fases (inspiración y espiración) presentan diferentes características[24,36-39,58]:

La inspiración, es activa, indicando la existencia de trabajo muscular y es levemente más corta que la espiración, representando el 40% del ciclo.

La espiración, es pasiva, por la ausencia de trabajo muscular y más prolongada que la inspiración, constituyendo el 60% del ciclo.

Los ciclos respiratorios en bebés pueden llegar a ser de treinta a noventa por minuto pasando al comienzo de la adolescencia a ser entre diez y veintidós ciclos[58] y en los adultos de doce a veinte ciclos respiratorios por minuto con una duración media de dos a tres segundos por ciclo[26,28,61,81]. Se utiliza entre el 10 y el 15% del volumen pulmonar[61] y representa cerca del 53% de la capacidad vital[63]. En un adulto esta cantida es de aproximadamente 500 cm^3 [94].

Tanto el modo como el tipo respiratorio también presentan características particulares durante esta respiración.

El **modo respiratorio**, debe ser nasal y silente[29,31,46,57,64].

El **tipo respiratorio**, se muestra variable de acuerdo:

- Al sexo[31], algunos investigadores no encontraron variación entre ambos sexos[10,58], sin embargo, otros refieren que la mujer presenta tendencia a la respiración torácica[65] y los hombres a la abdominal[66].
- A la edad[31], en bebés tiende a ser más abdominal y puede iniciar el patrón torácico entre los tres a cuatro meses[67]. No obstante, clínicamente se aprecia una tendencia abdominal en niños y en adultos abdominal y torácica[10,58,65,66,68].
- A las condiciones del sistema respiratorio, del esqueleto, raza[31], estado emocional del sujeto[36], postura corporal, estado neurológico y la salud general del individuo; condicionarán el tipo respiratorio[58].
- A la actividad vocal del sujeto. Los profesionales de la voz y habla con entrenamiento vocal tienden a tener mayor activación de la musculatura abdominal y torácica baja en vez de mayor un tipo respiratorio alto[94,95].

La respiración tranquila requiere de mayor volumen respiratorio abdominal y menor torácico[69-72]. Esto no quiere decir que necesariamente la presencia de una respiración abdominal signifique que el individuo esté usando el diafragma selectivamente como principal músculo de la inspiración y una respiración torácica presente el aumento significativo de la actividad de los músculos intercostales en relación con la respiración abdominal[73,74].

Volumene pulmonar

El Sistema Respiratorio (SR) controla un gran número de variables relacionadas a la respiración, entre ellas están: la presión, forma y volumen respiratorio. En términos físicos, el volumen es definido como el tamaño de un objeto o espacio tridimensional. El volumen de interés para el presente capítulo es el volumen de aire que se encuentra dentro del SR. Este es denominado como volumen pulmonar y refleja de manera indirecta el tamaño de este sistema. El comportamiento del SR depende directamente del volumen, es por ello de su importancia[94].

Los movimientos del sistema respiratorio pueden provocar cambios en el volumen pulmonar, movilizando el aire hacia adentro o afuera de este sistema. Este cambio de volumen es denominado desplazamiento de volumen y puede ocurrir solo si la laringe y las vías respiratorias altas están abiertas[94,95].

Este volumen variable se puede subdividir en diferentes volúmenes y capacidades pulmonares. En el cuadro 01 de definen detalladamente estos volúmenes y capacidades. En el cuadro 02 de muestran en cm^2.

Susanibar F, Guzman M, Dacillo C. Fisiología de la respiración para fonoaudiología. In: Susanibar F, Parra D. Dioses A (Coord.). Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias. Madrid: EOS. 2013.

Cuadro 01. *Volúmenes y capacidades respiratorias*

VOLÚMENES PULMONARES	
Volumen corriente (VC)	Volumen de aire inspirado y espirado durante un ciclo respiratorio simple (una inhalación seguida de una exhalación).
Volumen de reserva inspiratoria (VRI)	La cantidad de aire que puede ser inhalada además de la que está en el ciclo de volumen corriente.
Volumen de reserva espiratoria (VRE) / Volumen pulmonar de reposo (VPR)	La cantidad de aire que puede ser espirada forzosamente después de una espiración tranquila o pasiva.
Volumen residual (VR)	La cantidad de aire que permanece en los pulmones y en las vías aéreas después de una espiración máxima.
CAPACIDADES PULMONARES	
Capacidad inspiratoria (CI)	El volumen máximo de aire que puede ser inspirado a partir del nivel espiratorio de reposo.
Capacidad vital (CV)	La cantidad de aire que puede ser espirado después de una inspiración máxima. Es la suma de volumen corriente, volumen de reserva inspiratoria y volumen de reserva espiratoria.
Capacidad residual funcional (CRF)	La cantidad de aire en los pulmones y las vías aéreas en el nivel de reposo espiratorio. Es la suma de los volúmenes de reserva espiratorio y residual.
Capacidad pulmonar total (CPT)	La cantidad de aire que los pulmones son capaces de mantener en la altura de la inspiración máxima. Es la suma de todos los volúmenes pulmonares.

Cuadro 02. *Volúmenes y capacidades en cm^3 adaptado de Palmer*[60]

Medidas pulmonares	Hombres					Mujeres
	10-30 años Palmer	Kaplan	Hixon	Zemlin[28]	50-60 años Palmer	20-30 años Palmer; Zemlin
VC	400-500	500	500	750	----------	339
VRI	1,500 - 3000	1,500 – 3,000	2,500	1,500 – 2,500		
VRE / VPR	1,500	1,500	------------	1,500 – 2,000		
VR	2,400	1,500	2,000	1,000 – 1,500	2,400	1,000
CI	3,600	2,000 – 3,000	3,000	---------------	2,600	2,400
CV	1,200 – 4,800	3,500	5,000	3,500 – 5,000	3,600	3,200
CRF	1,800 – 4,000	3,000	4,000	2,300	3,400	1,800
CPT	6,000	5,000	7,000	----------------	6,000	4,200

Respiración durante el habla/canto

Cuando hablamos o cantamos, los ciclos respiratorios son irregulares[36]; pasando a tener un control neurológico superior (corteza cerebral y tálamo) voluntario, de acuerdo con el objetivo de la emisión[29,30,62]. Por este motivo, la inspiración y espiración adoptan características particulares.

La inspiración sigue siendo activa, requiriendo de trabajo muscular[36-38,58]; pero pasa a ser corta[36], rápida, profunda y silenciosa[37,38,75]; representando el 10% de todo el ciclo[61].

La espiración pasa a ser activa, demandando la contracción muscular de diversos grupos según el objetivo de la emisión[36-38,58], además es más prolongada[75] y regulada, permitiendo secuencias más largas de sonidos articulados o cantados según lo requerido[37,38] extendiéndose hasta por 40 segundos[61] en los que se puede apreciar fluctuaciones en la intensidad y pausas efectuadas por bloqueos laríngeos[36]. Esta fase pasa a representar el 90% del ciclo.

La respiración durante el habla/canto presenta aproximadamente ocho ciclos por minuto. Asimismo, el habla requiere mayor volumen respiratorio torácico y menor abdominal[69-72]. Sin embargo, el volumen respiratorio no es estándar y puede variar de individuo a individuo[58] de acuerdo a los siguientes factores:

- Estado de los agentes mecánicos implicados[69].
- Contextura física de la persona[85].
- A la intensidad que se desea lograr[76].
- A la frecuencia fundamental[95].
- A la duración del enunciado en el habla o frase musical en el canto[95].
- Al estado de humor[86].
- A la postura corporal[58,77] y
- A la edad del individuo[70], en los niños el volumen está íntimamente relacionado a la articulación y en adultos varía de acuerdo a la intensidad que se desea lograr[71].

Al igual que la respiración pasiva, la respiración asociada al habla/canto presentan características particulares en lo concerniente al tipo y modo respiratorio.

El **modo respiratorio** debe ser oronasal u oral y silente[36-38].

En cuanto al **tipo respiratorio**, este debe ser:

- Durante el habla, media-mixta o torácica[36,38,58] o inferior abdominal por ser cotidiana en muchos adultos[66] y principalmente en niños.
- Durante el canto, se debe efectuar una respiración diafragmático-abdominal o costodiafragmático-abdominal[36,38,58], no implicando esto, bajo ninguna circunstancia, un bloqueo corporal de la región torácica alta[95].

Cuadro 03. *Capacidades en % para el habla/canto*

Autores	Descripción
Zemlin[28]	Para la producción de habla cotidiana es posible que se utilice entre 35 a 70% de la capacidad vital, pero el cantar puede generar circunstancias más exigentes y probablemente mayores porcentajes de la CV.
Aronson[61]	Para hablar utilizamos cerca del 20% del volumen total de los pulmones.

Hixon y Cols[69]	Entre 35 a 60% de la capacidad vital son utilizadas para iniciar una conversación tranquila con postura erecta y concluimos nuestras emisiones entre 50 a 30% de la capacidad vital. El habla que requiere mayor presión subglótica (habla en público/canto) utiliza capacidades entre 60 a 80% para iniciar la emisión.
Russell[71]	En intensidades fuertes los adultos utilizan capacidad vital superior a los niños. En intensidades fuertes los adultos entran más a la capacidad residual funcional que los niños.
Hoshiko[87]	50% de la capacidad vital son inspiradas para el habla.
Idol[88]	Verificó que más de la mitad de 140 personas estudiadas respiran más profundamente durante la respiración tranquila que para hablar, siendo que 53% de la capacidad vital ocupan los pulmones después de una respiración tranquila.
Boone[83]	Al hablar empleamos entre el 20% y 70 % de la capacidad vital.

Cuadro 04. *Características de la respiración tranquila y durante el habla*

CARACTERÍSTICAS	RESPIRACIÓN TRANQUILA	RESPIRACIÓN DURANTE EL HABLA
Control neurológico	Automático - tronco cerebral (puente y bulbo) y médula espinal	Automático y/o voluntario – (corteza cerebral y tálamo)
Ciclo respiratorio	Generalmente regulares	Irregulares
	Se usa de 10 a 15% del volumen pulmonar	Requiere de 20% del volumen pulmonar
	Se usa 0,5 litros de aire	Requiere 1,2 a 1,5 litros de aire
	12 a 20 ciclos por minuto	8 ciclos por minuto
	Duración media de 2 a 3 segundos por ciclo	Extendiéndose hasta por 40 segundos por ciclo
	Cerca del 53% de la capacidad vital ocupa los pulmones	Puede ser iniciada con capacidad vital entre 35 a 60% aumentando durante el canto (60 a 80 % de la capacidad vital)
Inspiración	Tranquila y natural	Corta, rápida, profunda y silenciosa
	Activa – existencia de trabajo muscular	Activa – existencia de trabajo muscular
	40% del ciclo respiratorio	10% del ciclo respiratorio
Espiración	Tranquila y natural	Prolongada y regulada, apreciándose variaciones en la intensidad y/o generándose pausas
	Pasiva – inexistencia de trabajo muscular	Activa – existencia de trabajo muscular
	60% del ciclo respiratorio	90% del ciclo respiratorio
Modo respiratorio	Nasal	Oral u oronasal
Tipo respiratorio	Media, mixta o torácica (datos de población brasilera). Variará según el sexo, edad, raza, condiciones del sistema respiratorio, del sistema esquelético, estado emocional, postura corporal, estado neurológico y salud en general.	Media, mixta o torácica, o inferior abdominal para el habla cotidiana y diafragmático-abdominal o costodiafragmático-abdominal para el canto. Variará según todas las características mencionadas en la respiración vital además de la contextura física de la persona, la intensidad que se quiere alcanzar y edad del sujeto.

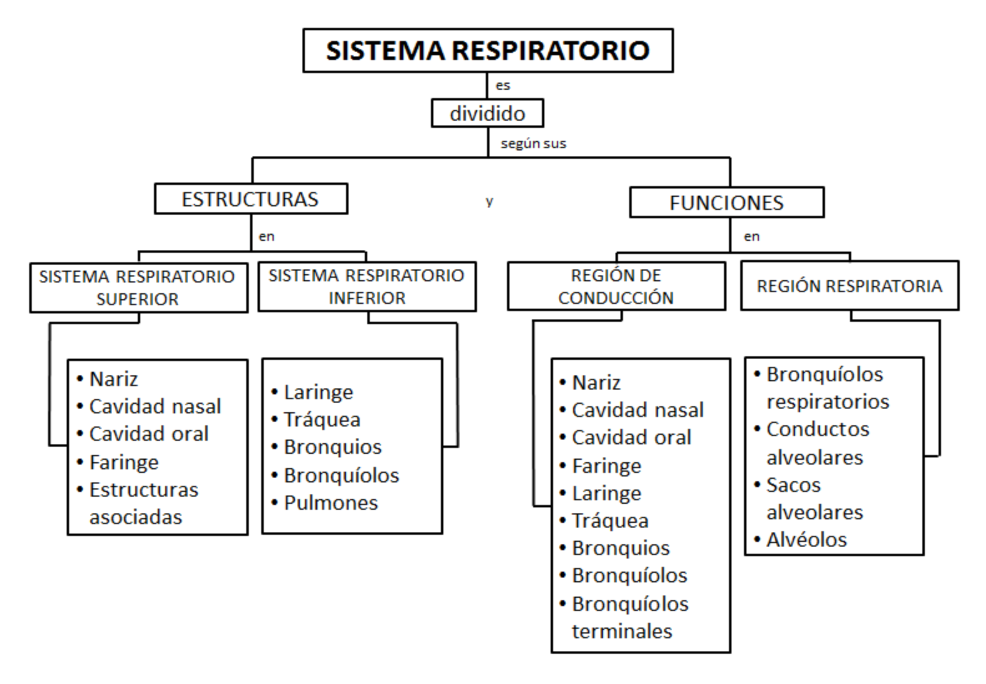
Para que esta función cumpla con sus objetivos primarios (intercambio gaseoso) y adaptativos (intercambio gaseoso y habla/canto), requiere de la participación de estructuras que componen el tracto respiratorio, las cuales efectuarán dos funciones primordiales: la conducción del aire y el intercambio gaseoso.

De esta manera, las partes de este sistema se pueden clasificar de acuerdo a su estructura y función[39], como se aprecia en el gráfico 02.

- Referente a su **estructura** se divide en:
  - *Sistema respiratorio superior.* Compuesto por la nariz, cavidad nasal, cavidad oral, faringe y estructuras asociadas.
  - *Sistema respiratorio inferior.* Incluye a la laringe, la tráquea, los bronquiolos y pulmones[24,33,35,39,40].

- En lo concerniente a su función se puede dividir en:
  - *Zona de conducción.* Llamada así porque llevan el aire hacia un sistema donde se efectúa la difusión gaseosa. Está compuesta por una serie de cavidades y tubos interconectados fuera y dentro de los pulmones tales como: la nariz, cavidad nasal, cavidad oral, faringe, laringe, tráquea, bronquios, bronquiolos y bronquiolos terminales.
  - *Zona respiratoria.* Constituida por tejidos dentro de los pulmones donde tiene lugar el intercambio gaseoso: los bronquiolos respiratorios, conductos alveolares, sacos alveolares y los alveolos[27-31,33,39,41-45].

Gráfico 02: *Sistema Respiratorio*



A partir de lo mencionado, se describirán las estructuras del sistema respiratorio relacionadas a la función de conducción y acondicionamiento del aire inspirado.

Susanibar F, Guzman M, Dacillo C. Fisiología de la respiración para fonoaudiología. In: Susanibar F, Parra D. Dioses A (Coord.). Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias. Madrid: EOS. 2013.

3. ESTRUCTURAS IMPLICADAS EN LA RESPIRACIÓN

Nariz y cavidad nasal:

La nariz es una prominencia impar que se encuentra situada al medio de la cara, debajo de la frente, arriba del labio superior y entre las mejillas; tiene forma de pirámide triangular que presenta dos aberturas, denominadas narinas, separadas por un septo cartilaginoso que comunican el medio externo con la cavidad nasal[2,6,39,43,44,46-49].

Está compuesta por tres partes: pirámide nasal, fosas nasales y senos paranasales[48].

La **pirámide nasal** puede ser dividida en: 1) esqueleto osteocartilaginoso, conformado a su vez por esqueleto óseo (huesos propios, ramas montantes o ascendentes del maxilar, la escotadura nasal del maxilar, huesos unguis y espina nasal anterior) y esqueleto cartilaginoso (cartílagos triangulares o laterales superiores, cartílago cuadrangular, cartílago alar o lateral inferior y cartílagos accesorios) 2) plano muscular (pirámide de la nariz, transversal de la nariz, dilatador de la ventana nasal y mirtiforme) y 3) revestimiento epitelial (pared medial y pared lateral)[48].

La **cavidad nasal** o fosas nasales son dos concavidades sinuosas casi simétricas, derecha e izquierda; delimitadas anteriormente por las narinas, que las comunica con el medio externo y posteriormente por la coanas, lugar en la que establece la comunicación con la orofaringe[2,28,42-45,47-52].

Las paredes laterales de las cavidades están compuestas por unos relieves denominados cornetes, que son generalmente tres prominencias óseas recubiertas de mucosa nasal. Estos son los cornetes superior, medio e inferior. No obstante, ocasionalmente se puede presentar un cuarto cornete llamado supremo. Estos crean espacios entre ellos, los meatos[6,28,35,40,42,43]. Los meatos son: a) inferior (ubicado por debajo del cornete inferior); b) medio (entre el cornete inferior y medio); c) superior (entre el cornete medio y el superior) y d) supremo (inconstante; entre el cornete superior y el cornete supremo) [48].

Los **senos paranasales** son cavidades que se conectan con las fosas nasales. Están recubiertas por una mucosa fina y contienen aire. Rouviére y Delmas[42] los dividen en tres grupos: maxilares, etmoidales y esfenoidales. No obstante, la mayor parte de los autores concuerdan en que existen cuatro grupos, agregando el grupo de los senos frontales[28,43-45,48,52]. Infecciones en los senos pueden irradiarse hacia la cavidad nasal o viceversa y causar alteraciones en el modo respiratorio[53-56].

La nariz puede ser divida topográficamente en vestíbulo, región respiratoria y región olfatoria: a) el vestíbulo está inmediatamente después de las narinas que constituyen la parte inicial de la cavidad nasal y comprende una pequeña dilatación revestida de piel y mucosa que presenta prolongaciones pilosas. Inmediatamente al vestíbulo le sigue b) la región olfatoria que se concentraría superiormente donde el nervio olfatorio atraviesa la lámina cribosa a través de sus ramificaciones y expone sus receptores principalmente en el cornete medio y c) la región respiratoria está compuesta por el resto de la cavidad[28,43,39,57].

Susanibar F, Guzman M, Dacillo C. Fisiología de la respiración para fonoaudiología. In: Susanibar F, Parra D. Dioses A (Coord.). Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias. Madrid: EOS. 2013.



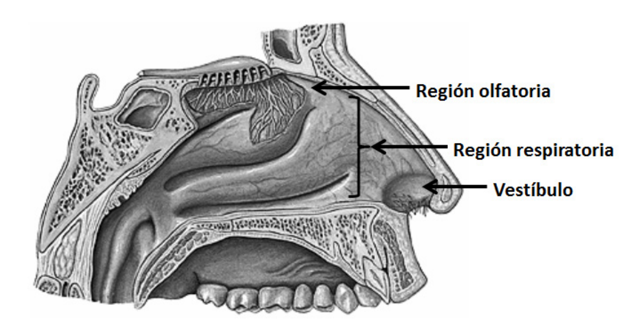


Figura 01. *Topografía de la nariz modificado de Sobotta[91].*

Funciones de la nariz durante la respiración

La función de la nariz, generalmente, es relacionada a la respiración, olfacción y habla[10,45,51,57,58]. Sin embargo, la nariz realiza muchas otras funciones como la humidificación, calentamiento o enfriamiento y filtración del aire inspirado, transporte mucociliar, acción microbicida, antivirótica e inmunológica, además de controlar la conducta por medio de las feromonas que actúan en el órgano vomeronasal[46-48].

La nariz realiza una de las funciones primordiales de la respiración que es la **conducción del flujo aéreo**. La primera puerta de entrada del aire hacia los pulmones son las narinas, estas pueden variar su forma de acuerdo al grupo racial. La raza negra tiende a presentar narinas amplias en sentido horizontal y la raza blanca en sentido anteroposterior[6,43,59]. De esta manera, las narinas en la raza negra serán más amplias y en la raza blanca más estrechas. Las narinas estrechas pueden contribuir en el aumento de la resistencia nasal dificultando la entrada de aire[6,46]. Sin embargo, la resistencia nasal es variable de acuerdo a las condiciones ambientales y también es importante para que la nariz realice apropiadamente sus funciones[82].

La función de conducción del flujo aéreo puede ser alterada a nivel de la nariz por causa de una obstrucción. Esta conllevará a la instalación de la respiración oronasal u oral. Las obstrucciones nasales pueden ser divididas de acuerdo a su etiología las cuales pueden ser debido a factores anatómicos, malformaciones congénitas, factores inflamatorios, infecciones, neoplasias, enfermedades sistémicas y otros[89].

Inmediatamente después que el aire entra por las narinas, prosigue su recorrido como un flujo **laminar** por el vestíbulo, que está provisto por una mucosa rica en glándulas y vellosidades que son vibrisas que **filtran** las partículas mayores a 15 mm de diámetro[35,46]; al seguir su recorrido pasa por los cornetes donde el flujo laminar adquiere característica de **turbulencia**. Este flujo es formado cuando el aire golpea muchos de sus relieves obstructivos: cornetes, tabique y pared faríngea. Gracias a la turbulencia aerodinámica y los cornetes; con su amplia superficie revestida por mucosa, cubierta por epitelio ciliado y rica red de capilares sanguíneos; el aire es nuevamente filtrado, desbacterizado, humidificado y calentado o enfriado[6,24,28-33,35,39,41,45,46,59].

Susanibar F, Guzman M, Dacillo C. Fisiología de la respiración para fonoaudiología. In: Susanibar F, Parra D. Dioses A (Coord.). Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias. Madrid: EOS. 2013.

Después que las partículas más grandes ya fueron filtradas, sigue la **segunda filtración**; proceso en el que las partículas que lograron pasar el bloqueo aerodinámico de la válvula nasal (vestíbulo) y presentan diámetros menores a 3 mm y mayores que 0,5 mm; son depositadas en la mucosa nasal por impacto o atracción electrostática. Seguidamente, las partículas que fueron depositadas son propulsadas hacia la nasofaringe por el **sistema mucociliar**, a una velocidad constante de casi 10 mm por minuto, para luego ser deglutidas y eliminadas. De esta manera, el transporte de un cuerpo extraño desde la cabeza del cornete inferior hasta la coana, requiere tan solo entre diez a veinte minutos[28,46,47,81].

Los **cilios** son proyecciones apicales de las células epiteliales. Cada célula presenta en media doscientos y están implantados en sentido oroalveolar. El movimiento que presentan es en sentido de la región vestibular a través de las células ciliadas de la porción anterior del cornete inferior y el movimiento hacia la orofaringe es realizado por las células del resto de la mucosa nasal[46].

El mecanismo de filtración permite que el 85% de las partículas sean eliminadas en la cavidad nasal, pero las partículas menores de 0,5 mm (15%) pasan fácilmente hacia el tracto respiratorio inferior[28,46,47].

La **actividad antimicrobiana** es efectuada por las proteínas secretadas en la mucosa nasal con la finalidad de defender el tracto respiratorio de innumerables bacterias. Entre las proteínas más conocidas se encuentran la lisozima, denominada también como antibiótico fisiológico, que además de cumplir su función bactericida, ayuda en la actividad mucociliar. Otra proteína es la lactoferrina, que actúa inhibiendo el crecimiento de determinados agentes patógenos como hongos y bacterias. Las defensinas, descubiertas hace pocos años, actúan en procesos inflamatorios, reparo de tejido y respuesta inmune específica (pacientes con enfermedades pulmonares inflamatorias crónicas, como el asma y fibrosis cística). Además, son secretadas algunas enzimas, como la peptidases y peroxidases, que desempeñan una importante participación en la defensa del tracto respiratorio[46].

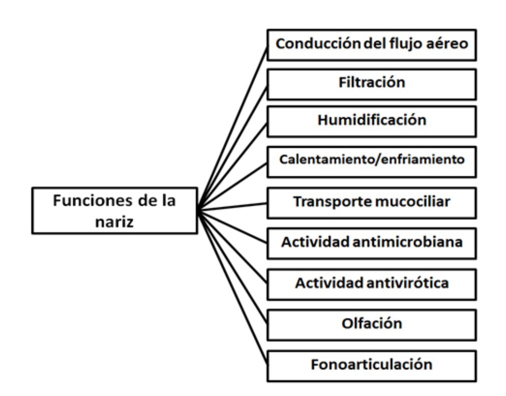
La **humidificación** es efectuada por la mucosa de los dos tercios inferiores de las fosas nasales, gracias a su estructura histológica; mientras que en el tercio superior, la mucosa contiene los receptores nerviosos del I par craneal o nervio olfatorio[49]. Para llegar a una homeostasis subjetiva y función respiratoria nasal normal, se requiere una saturación entre 50-60% de humedad. La saturación aumenta en circunstancias normales hasta 80-85% a nivel de la nasofaringe y en las vías respiratorias inferiores puede llegar a 95-100%, independientemente del grado de humedad relativa del aire atmosférico. Cuando la humedad es inferior al 30%, puede traer como consecuencia, insuficiencia respiratoria nasal[28,47,48,81].

La parte superior de la cavidad nasal está revestida por una mucosa que contiene una rica red de vasos sanguíneos pequeños, y es allí donde el aire que respiramos se **humedece, calienta o enfría**[28,41]. El aire frío que ingresa, induce al edema de los cornetes. Los cornetes están cubiertos de una mucosa muy vascularizada que se humidifica constantemente y que suministra vapor de agua y calor al aire inspirado[78]. El proceso inverso acontece cuando el aire es muy caliente. Este mecanismo es efectivo ya que en aproximadamente

250 milisegundos que demora el airea al pasar, es suficiente para calentar o enfriar el aire a una temperatura promedio de 31°-34°, así esté a una temperatura extrema de - 40° o a + 80° C. Sin embargo, temperaturas inferiores a -40° o superiores a +80°C pueden llevar a una insuficiencia respiratoria nasal. Después de pasar por el mecanismo nasal, la temperatura llega a los 37° a nivel de la faringe, laringe y tráquea para garantizar que las vías respiratorias bajas y el pulmón puedan trabajar a temperaturas fisiológicas[27,28,29,47,48,81].

Asimismo el patrón respiratorio nasal permitirá un crecimeiento y desarrollo equilibrados de la región orofacial, principalmente del tercio medio e inferiorde de la cara[92]. Este modo respiratorio promueve el equilibrio de las presiones intraoral ejercidas sobre la mandíbula, maxila y dientes, gracias a que la cavidad oral se encuentra ocluida por los labios, de esta menra la lengua ejerce su función expansora y modeladora sobre estas[92,93].

Gráfico 03. *Funciones de la nariz durante la respiración*



Otra función fisiológica de la nariz es el **Ciclo Nasal**, demostrado por primera vez por Kayser en 1895. Se caracteriza por fluctuaciones de ensanchamiento y estrechamiento de la mucosa nasal (congestión-descongestión) que ocurre de manera continua, rítmica y alternada. De esta manera, mientras que en una fosa nasal hay una disminución en la permeabilidad, que causará un aumento en la resistencia respiratoria, en la otra sucede lo contrario. A pesar de ello, la resistencia nasal total permanece inalterada, permitiendo que los individuos no experimenten síntomas de obstrucción nasal. La duración de este fenómeno varía en cada individuo con un promedio de seis horas y es regulado por el sistema nervioso autónomo y a un nivel más alto por el hipotálamo. No obstante, este ritmo también es influenciado por factores como el ejercicio físico, presión arterial parcial de CO_2, tensión, emociones y cambios en la temperatura corporal. El ciclo nasal no es observado en niños por inmadurez del sistema nervioso autónomo[46-48].

La resistencia nasal es aproximadamente de **8** a **20** $mmH_20/l/min$[47] que representa de 50 a 60% de la resistencia total durante la respiración[82]. Cuando este valor sobrepasa los **20** $mmH_20/l/min$ durante la respiración, se ensancha el orificio nasal interno (*limen nasi*). Pero si los valores alcanzan los **35** o **40** $mmH_20/l/min$, se instaura una respiración oral[47,94]. Sin embargo, la cavidad oral solo ofrecerá 20% de la resistencia total durante la respiración[82].

Cavidad oral

Situada inferiormente a la cavidad nasal[50]. Es una cavidad irregular cubierta de mucosa que modifica su tamaño de acuerdo a la proximidad existente entre la maxila y mandíbula[42,60]. Esta cavidad alberga a los dientes y lengua y es dividida por los arcos gingivodentarios en dos regiones: el vestíbulo de la boca o cavidad bucal, que es la zona periférica y la cavidad oral propiamente dicha, que es la región central[43-45,50,52].

El vestíbulo, es una cavidad en forma de herradura que está comprendida lateralmente entre los arcos gingivodentarios y las mejillas y anteriormente, por estos arcos y los labios[43-45,52,60]. **La cavidad oral**, como un todo, se encuentra delimitada anteriormente por los labios; lateralmente por las mejillas; posteriormente por el istmo de las fauces, en la que se encuentra considerada la úvula[43,60], siendo el límite entre la boca y la orofaringe; superiormente por el paladar duro y blando, exceptuando la úvula; e inferiormente por el piso de la boca[43,52,60].

Funciones de la cavidad oral durante la respiración:

La cavidad oral se convierte en una vía alterna para el ingreso del aire en algunas situaciones patológicas o fisiológicas. Se considera como función **fisiológica** el ingreso del aire (modo respiratorio) por la cavidad oral y nasal (oronasalmente) o inclusive oral exclusiva durante el habla/canto[36-38,58] y el esfuerzo físico realizado en los deportes (maratón o natación, entre otros)[2,93]. Cualquier individuo pasa a respirar oronasalmente cuando alcanza un intercambio ventilatorio superior a los 40-45 l/min[95]; si el esfuerzo es máximo, se necesitan 80 l/min de aire o más, y aproximadamente la mitad de esa cantidad se obtiene respirando por la boca[93].

En contrapartida, la respiración oronasal u oral es considerada **patológica** si el individuo la presenta durante la respiración tranquila, ya que no cumpliría las funciones bactericidas, de filtración, humidificación, calentamiento o enfriamiento. Asimismo, el equilibrio y las presiones que actúan sobre la maxila, mandíbula y dientes se alteraría, modificando su crecimientos y posición de estos.

La Faringe

Es un conducto músculo membranoso, aerodigestivo recubierto de mucosa, conectado superiormente con la nariz y boca e inferiormente con la laringe y esófago (sexta vértebra cervical, a la altura del cartílago cricoides). Se encuentra delante de la superficie anterior de la columna vertebral y de los músculos prevertebrales. Es un canal que mide entre 12 y 14 cm de longitud en adultos. Su pared anterior es incompleta, pues por allí se comunica con las fosas nasales, la boca y la laringe. Los músculos de la faringe son: constrictores (superior, medio e inferior) y elevadores (estilofaríngeo y faringoestafilino o palatofaríngeo). Desde el punto de vista anatómico y funcional, es dividida transversalmente en tres porciones (nasal, oral y laríngea) en sentido cráneo-caudal: nasofaringe (rinofaringe cavum o epifaringe), orofaringe (mesofaringe, mucofaringe) e hipofaringe (laringofaringe)[47-49].

Susanibar F, Guzman M, Dacillo C. Fisiología de la respiración para fonoaudiología. In: Susanibar F, Parra D. Dioses A (Coord.). Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias. Madrid: EOS. 2013.

La **nasofaringe** limita posteriormente con los huesos esfenoides y occipital y la tonsila faríngea. Inferiormente con el paladar blando. Anteriormente se comunica con las coanas y lateralmente se comunica con la tuba auditiva[28,42,60].

La **orofaringe** limita superiormente con el paladar blando e inferiormente con el hueso hioides. Anteriormente se comunica con la cavidad oral a través de los arcos palatogloso y palatofaríngeo. Estos arcos y las tonsilas palatinas componen las paredes laterales[28,42,60].

La **laringofaringe** limita superiormente con el hueso hioides e inferiormente al nivel de la sexta vértebra cervical y se comunica con el ádito laríngeo[28,42,60].

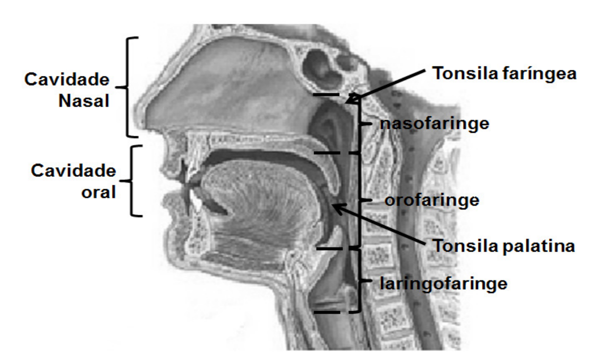


Figura 02. *Estructuras que participan en la conducción del flujo aéreo*

Funciones de la faringe durante la respiración

La faringe actúa como encrucijada aerodigestiva y tiene participación en las funciones respiratoria, deglutoria, fonatoria e inmunológica. Conduce el aire humidificado y purificado desde las fosas nasales hasta la laringe y contribuye en menor escala en su humidificación y calentamiento[48].

La función de conducción puede ser alterada por la hipertrofia de las tonsilas faríngeas y/o palatinas, causando respiración oronasal u oral y en los casos más graves apnea del sueño, disfunción de la tuba auditiva, otitis media, rinosinusitis, disfonías, entre otras[6,7,18,19,84,90].

La Laringe

La laringe es una estructura hueca, ubicada en la línea media el cuello. Es el órgano muscular y cartilaginoso de la fonación[41,48,49] que se encuentra en el punto más inferior del tracto vocal, se conecta inferiormente a la tráquea y superiormente a la faringe, situado en una encrucijada importante por la confluencia de las vías respiratoria y digestiva[29].

Funciones de la laringe durante la respiración

Es una válvula eficaz de la vía aérea que le permite mantenerse despejada para el pasaje del aire y cerrarse para impedir el paso de los alimentos hasta el sistema bronco-

Susanibar F, Guzman M, Dacillo C. Fisiología de la respiración para fonoaudiología. In: Susanibar F, Parra D. Dioses A (Coord.). Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias. Madrid: EOS. 2013.

pulmonar[48]. La función de la laringe es la protección de los pulmones de sustancias que no correspondan al aire[41].

Durante la respiración tranquila, los pliegues vocales permanecen abducidos y el espacio glótico se ensancha durante la inspiración y se estrecha durante la espiración. Sin embargo, cuando la respiración es acompañada por el habla/canto los pliegues se juntan e impiden el paso de la corriente de aire. Esta interrupción del flujo de aire provoca un aumento de la resistencia glótica y esto, a su vez, un aumento de la presión subglótica. Cuando esta presión supera la fuerza mioelástica que mantiene juntos los pliegues, la mucosa de los bordes libres se separa y produce la fonación[48].

Tráquea

La tráquea es un tubo continuo que conecta la laringe y los bronquios mayores a los pulmones. Se encuentra por delante del esófago y se extiende desde la sexta vértebra cervical hasta el borde superior de la quinta vértebra torácica donde se divide para formar los bronquios principales derecho e izquierdo[28,41]. Su estabilidad es asegurada por la superposición de dieciséis a veinte cartílagos que tienen la forma de una herradura y están unidos por una membrana fibroelastica[28,29,41].

En un adulto, tiene aproximadamente 1,8 a 2,5 cm de diámetro y entre 11 a 12 cm de longitud. En los niños el diámetro de la tráquea corresponde a la edad. En la parte superior del tórax, la tráquea se ramifica para formar dos bronquios principales[28,31].

Funciones de la tráquea durante la respiración

Gracias a la membrana intratraqueal y el músculo liso encontrado entre las extremidades de los anillos traqueales, la tráquea adopta flexibilidad y movilidad que le permiten estirarse (durante una inspiración), comprimirse o arquearse. Asimismo, la mucosa que la reviste presenta células caliciformes que secretan moco periódicamente y presenta cilios que están pulsando continuamente, aproximadamente diez veces por segundo, primero rápidamente hacia abajo y luego lentamente hacia arriba. Durante el movimiento rápido hacia abajo, los cilios deslizan el moco y conforme se movilizan lentamente hacia arriba este moco es llevado como una lámina continua hacia la laringe (contrario al sistema mucociliar de la nariz). Cada vez que carraspeamos los cilios desobstruyen las vías respiratorias inferiores del moco acumulado y de partículas de humo o polvo[28].

Pulmones

Los pulmones se sitúan en el tórax[28] y son estructuras cuneiformes altamente elásticas y flexibles debido a la gran cantidad de aire mantenido dentro de los alveolos. Un pulmón tiene una base, un ápice, y dos lados (costal y medial). La base es grande y cóncava y encaja con la convexidad del diafragma. En la medida que el diafragma se eleva o desciende, la base del pulmón sigue ese movimiento. El ápice del pulmón es una pequeña proyección redondeada, que generalmente se extiende hacia arriba hasta la raíz del cuello, por encima de la clavícula[28,31,32,60].

Funciones de los pulmones durante la respiración

Los pulmones proporcionan el suministro de aire necesario para la producción del sonido y voz[45]. De esta manera, se puede decir que al expandirse (inspiración) almacenan el aire y al contraerse (espiración), gracias a sus propiedades elásticas, expulsan este aire necesario para la producción del habla. Más adelante, se describirán con exactitud las fuerzas mecánicas necesarias para la producción del habla. Asimismo, no se puede dejar de mencionar que en los pulmones, más específicamente en los alveolos es que se realiza la respiración interna[24].

Cuadro 05. *Estructuras y funciones durante la respiración*

Estructura	Función durante la respiración
Nariz	• Conducción del aire • Humidificación • Calentamiento o enfriamiento • Filtración • Transporte mucociliar • Acción microbiana, antivirótica e inmunológica
Faringe	• Conducción del aire • Humidificación (en menor grado que la nariz) • Calentamiento (en menor grado que la nariz)
Laringe	• Protección de la vía aérea inferior
Tráquea	• Conducción del aire • Humidificación (en menor grado que la nariz) • Calentamiento (en menor grado que la nariz)
Pulmones	• Almacenamiento del aire para la producción del habla. • Intercambio gaseoso celular.

4. MÚSCULOS DE LA RESPIRACIÓN

Los eventos funcionales del ciclo respiratorio se efectúan por la fuerza mecánica que generan los músculos durante la fase inspiratoria y espiratoria. La participación muscular dependerá de la demanda del organismo, mostrando variación en el número de músculos implicados y en su actividad contráctil cuando la respiración es tranquila, durante el habla/canto, esfuerzo físico e inclusive en las situaciones adaptativas como el soplo y reflejas como la tos, estornudo o bostezo.

Los músculos de la respiración pueden ser divididos de acuerdo a su **función** en los que participan de la inspiración y espiración o también pueden ser divididos **anatómicamente** en músculos torácicos y abdominales. Los músculos de la inspiración están relacionados principalmente con el tórax y los de la espiración con el abdomen[28]. Además de esas dos divisiones, se puede subdividir a los músculos de acuerdo a la **importancia funcional** que cumplen, en principales y accesorios o secundarios[60].

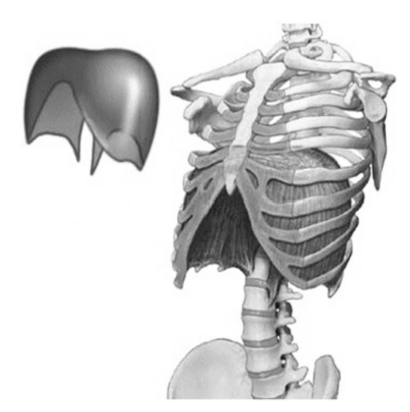
Músculos de la inspiración

El volumen torácico aumenta en los sentidos vertical, lateral y anteroposterior; gracias a la contracción de la musculatura inspiratoria; con la finalidad que el aire atmosférico

ingrese a los pulmones[27,28,60]. Los **principales** músculos implicados en la inspiración son el diafragma e intercostales interno y externo.

El músculo más grande e importante de la inspiración es el **diafragma**[27,34,45]. Es un delgado septo músculotendinoso que tiene su origen alrededor de la circunferencia interna de la pared ósea inferior del tórax[28,60]. Cuando se encuentra en "reposo" fisiológico se presenta elevado y tiene la forma de dos cúpulas semicirculares, sobre las que reposan la base de los pulmones. Durante la contracción, las cúpulas son achatadas y adopta una configuración plana, haciendo que el contenido abdominal se desplace hacia adelante y abajo. Este movimiento disminuye la presión dentro de los pulmones permitiendo que se inflen, porque la presión atmosférica fuerza el ingreso de aire. De esta manera, existe un aumento principalmente de la dimensión vertical del tórax[27,28,32,34,45,58,60], pero también aumenta el diámetro transversal[34].

Su acción representa entre el 60 y 75% del cambio en el volumen intratorácico durante la respiración tranquila[24,81] y determinará el nivel de profundidad inspiratoria; el resto del volumen 25 al 40% restante será producido por el movimiento de las costillas[81]. Cuando este músculo se contrae, se desplaza verticalmente en sentido caudal alrededor de 1 cm durante la inspiración tranquila y hasta 10 cm cuando es forzada[24,28,34,81].



Extraído y modificado de la página libre: http://grupos.emagister.com/imagen/diafragma/2375-200997 - 27/12/202

Figura 03. *Diafragma*

Otros músculos que participan durante la inspiración son los **intercostales externos**, estos son más prominentes y fuertes que los internos[28]. Son once de cada lado y se encuentran en sentido oblicuo de arriba hacia abajo y de atrás hacia adelante desde una costilla hacia otra. Cuando se contraen las costillas, giran en forma de bisagra hacia adelante y arriba empujando el esternón hacia adelante y las costillas inferiores hacia arriba, aumentando el diámetro anteroposterior[24,27,28,32,34,45,60,81] y levemente el diámetro transversal[24,27,81].

Los **intercostales internos**, se encuentran medialmente (debajo) al intercostal externo y también son once[28,60]. Ocupan únicamente la parte del espacio intercostal comprendida

entre la línea axilar medial y el borde lateral del esternón[79]. Se extienden oblicuamente de arriba hacia abajo y de adelante hacia atrás. Sin embargo, es importante mencionar que este músculo es dividido en dos porciones, la intercartilaginosa o intercondral y la interósea[28,80]. La importancia de esta subdivisión radica en la función que ambas partes cumplen. La **porción intercartilaginosa** actúa sinérgicamente con el intercostal externo elevando las costillas, participando levemente en la inspiración tranquila[27,45,80], pero muestran más actividad en la inspiración forzada (Campbell, 1958)[28]. Además de esta actividad, participa también en la acción de control para producir el habla junto al intercostal externo[28]. La **porción interósea** participa de la espiración[28].

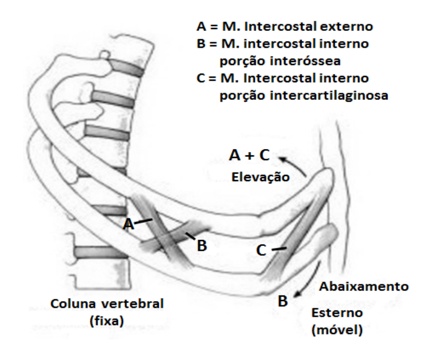


Figura 04. *Función de los músculos intercostales externo e interno modificado de Moore[80].*

El diafragma y los intercostales pueden mantener por separado la ventilación tranquila[24,28], eso quiere decir que si el diafragma se paraliza, los intercostales externo e interno pueden mantener vivo al individuo.

La participación de estos músculos durante la espiración está relacionada a la producción del habla y es descrita con una acción de relajación lenta y progresiva[37,38,58,60] durante el habla cotidiana[36,45]. Asimismo, Zemlim[28] refiere que estos músculos cumplen una **acción de control**, ofreciendo una contracción mantenida después de una inspiración profunda en la que la retracción elástica del tórax y pulmones excedan la presión necesaria para que la laringe produzca la fonación.

Los músculos **accesorios** de la inspiración son activados cuando la demanda de aire es mayor. Los **escalenos (anterior, medio y posterior)** se insertan por arriba en las apófisis transversas de las vertebras cervicales. Tienen una dirección oblicua descendente hacia adelante y afuera para insertarse en la primera y segunda costilla[28,45,60]. Cuando se activan, movilizan las dos primeras costillas elevándolas[24,27,28,32,34,45,60,81].

El **esternocleidomastoideo** es otro músculo accesorio. Se origina en el manubrio del esternón y en la clavícula y se dirige, oblicuo ascendente de adentro hacia afuera hasta insertarse en la apófisis mastoides y línea curva occipital superior. Cuando la cabeza y el cuello permanecen fijos[45,28], su contracción eleva el esternón[24,27,28,32,34,45] y las primeras costillas[45] aumentando el diámetro anteroposterior del tórax[28].

Ambos músculos ayudan a elevar la caja torácica durante la respiración profunda y forzada[24,34]. El uso excesivo de estos músculos es observado en individuos con enfermedades pulmonares o en parálisis de los principales músculos de la respiración[28]. En sujetos que poseen una técnica vocal deficiente también es posible observar una alta actividad de estos músculos. Esto puede producir una excesiva tensión a nivel cervical general y en algunos casos también a nivel laríngeo de forma secundaria.

Además de la participación de estos dos músculos, algunos autores mencionan que probablemente otros músculos también participen en menor grado durante la inspiración, estos son los **elevadores de las costillas, serrato posterior superior, el serrato posterior inferior**[28,80]**, pectoral mayor y menor**[60]**, trapecio, milohioideo, digástrico y platisma**[27] que solo participarían durante la inspiración forzada.

Campbell en 1952[28] relató que la actividad de los **músculos oblicuo externo del abdomen** y **recto del abdomen** es un factor que limita la profundidad de la inspiración durante inspiraciones máximas.

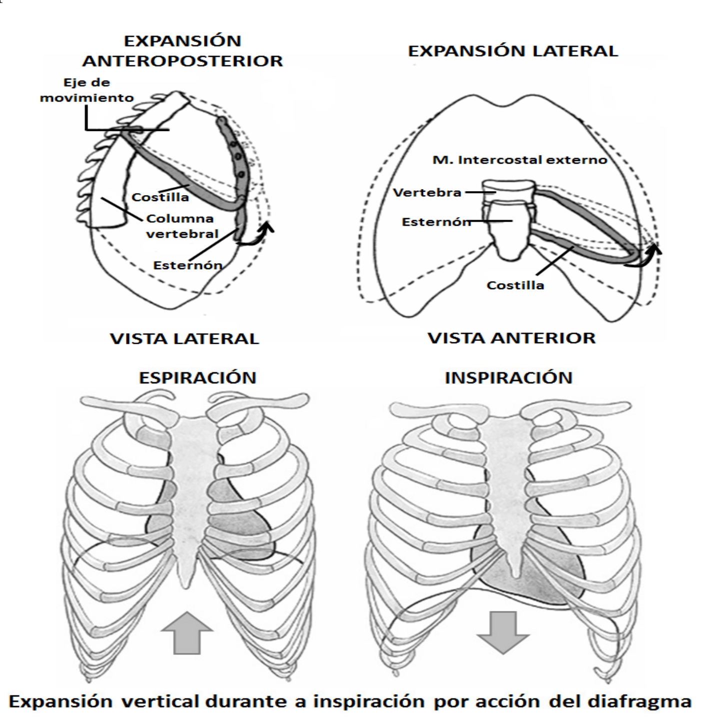


Figura 05 y 06. *Movimientos de expansión durante la inspiración modificado de Moore*[80] *y Sobotta*[91].

Susanibar F, Guzman M, Dacillo C. Fisiología de la respiración para fonoaudiología. In: Susanibar F, Parra D. Dioses A (Coord.). Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias. Madrid: EOS. 2013.

Músculos espiratorios

Durante la respiración tranquila no existe trabajo muscular gracias a las propiedades elásticas del pulmón y la pared torácica, por ese motivo a la espiración tranquila se le denomina **espiración pasiva**. Al contraerse los músculos inspiratorios distienden estos tejidos (pulmón y pared torácica) almacenando energía. Una vez completada su expansión, los tejidos se retraen recuperando la posición de equilibrio liberando la energía[27,32,34,81].

Sin embargo, cuando el organismo requiere que la espiración sea rápida como durante el ejercicio físico, fuerte en el soplo o prolongada durante el habla/canto, existirá la participación de diversos músculos convirtiéndola en activa.

Cuando la **espiración es activa,** se reduce el volumen intratorácico con ayuda de la musculatura. Esta se presenta cuando se excede los 30-40 ciclos por minuto[24], cuando es una espiración forzada (soplo, estornudo) o la espiración es prolongada como durante la producción del habla/canto[28,36,45].

La **porción interósea** de los **intercostales internos** deprimen las costillas y las disloca hacia adentro durante la espiración forzada[27,32] o cuando se produce el habla con bajas reservas de aire espiratorio que sería insuficiente para crear la fonación (Draper y Cols., 1959)[28].

Los músculos **intercostales íntimos**[79,80], denominados antiguamente como intercostales internos[45], pasan en dirección oblicua y hacia abajo, en sentido posterior de una costilla a otra y al contraerse deprimen las costillas[60], halando la caja torácica hacia abajo[24,79,81] y hacia adentro[34,81] realizando una acción contraria a la de los músculos intercostales externos[24,34,81].

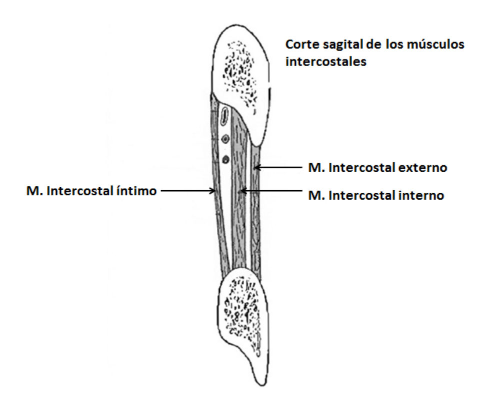


Figura 07. *Músculos intercostales, adaptado de Rouviere*[79].

Los músculos de la **pared abdominal, (oblicuos interno y externo, transverso y recto del abdomen)** al contraerse realizan dos actividades; primero halan la caja torácica hacia abajo y adentro; en segundo lugar, aumentan la presión intraabdominal empujando al diafragma hacia arriba[24,27,28,32,34,60,81]. Campbell (1952)[28], constató la actividad del oblicuo externo y recto del abdomen durante el esfuerzo espiratorio máximo; asimismo,

Davis y Zemlin (1965)[28] detectaron actividad en estos músculos durante la espiración forzada rápida y durante la tos débil. Posteriormente, Campbell y Gren (1955)[28] refieren que en la mayoría de individuos normales se observa la contracción de los músculos abdominales cuando la presión espiratoria es muy alta (10 cmH_2O).

La participación del **diafragma** durante la **espiración** fue relatada por Agostini (1964)[28] quien menciona que el diafragma se contrae al final de la espiración máxima, aumentando su actividad a medida que se aproxima el final, limitando el colapso adicional de los pulmones. Asimismo, verificó que este músculo se contrae fuertemente durante el esfuerzo de expulsión de aire, porque probablemente se requiere la rigidez del sistema torácico-abdominal, en especial cuando la transmisión de presión abdominal para la cavidad torácica es necesaria durante la tos, estornudo y risa.

Existen otros músculos accesorios que son descritos por algunos autores como músculos que probablemente participan en la espiración. Estos son los **subcostales**, **transversos del tórax** y el **serrato posterior inferior** que podrían participar también de la espiración forzada[28,60,80].

Cuadro 06. *Músculos implicados en las distintas formas de respiración*

Fase del ciclo respiratorio / Forma de respiración	Inspiración	Espiración
Tranquila	Diafragma, intercostales externos y levemente la porción intercartilaginosa de los intercostales internos.	No existe participación muscular.
Durante el habla/ canto	Todos los que participan en la inspiración tranquila.	Cuando la presión subglótica es mayor a la requerida para producir la fonación, existe la participación de los músculos de la inspiración tranquila. Cuando la presión subglótica es inferior a la requerida para producir la fonación, existe la participación de la porción interósea de los intercostales internos e intercostales íntimos.
Forzada	Todos los que participan en la inspiración tranquila más los escalenos, esternocleidomastoideo además de los oblicuos externos y rectos del abdomen.	Intercostales íntimos, porción interósea de los intercostales internos, oblicuos interno y externo del abdomen, transverso, recto del abdomen y diafragma.

Descripción de la mecánica ventilatoria de la respiración tranquila y forzada

La inspiración tranquila se inicia con la acción de los músculos inspiratorios, diafragma, intercostales externos e internos (porción intercartilaginosa). Por el contrario, para realizar una inspiración forzada se requiere además la participación de los escalenos y esternocleidomastoideo. La acción muscular permite la expansión de la caja torácica en

sentido anteroposterior, vertical y lateral. De esta manera, la presión dentro de los pulmones disminuye y se torna menor que la atmosférica, cayendo alrededor de -1 a -2 cmH_2O. Esta variación en la presión, permite que el aire atmosférico fluya hacia adentro hasta que la presión pulmonar y atmosférica se iguale. La función de los músculos inspiratorios cesa en ese momento, sin embargo, durante la inspiración máxima existe la participación de los músculos oblicuo externo y recto del abdomen, con la finalidad de limitar la expansión del abdomen. En ese momento, se iniciará la espiración, si es tranquila se realiza de manera pasiva, en la que no participa ningún músculo, gracias a las propiedades elásticas del pulmón y la pared torácica que recuperan su postura inicial expulsando el aire almacenado durante la inspiración. Si la espiración es forzada, se activan los músculos intercostales íntimos e internos (porción interósea), oblicuos interno y externo del abdomen, así como el transverso y recto del abdomen, con la finalidad de expulsar el aire de manera rápida para reanudar inmediatamente la inspiración durante el ejercicio físico o cuando queremos soplar. Sin embargo, cuando la espiración es rápida y forzada durante el estornudo, tos o al reírnos el diafragma entrará en acción, con la finalidad de ofrecer una cierta rigidez al sistema torácico-abdominal por la presión que se transmite del abdomen al tórax, cumpliendo de cierta manera una función protectora evitando lesiones. Asimismo, al finalizar una espiración máxima, el diafragma también entrará en acción limitando el colapso adicional de los pulmones. Inmediatamente después, se reanudará el ciclo respiratorio con la inspiración. Cabe resaltar que una inspiración pasiva puede estar acompañada de una espiración forzada y viceversa.

Descripción de la mecánica ventilatoria de la respiración durante el habla/canto

A diferencia de la respiración tranquila o forzada que tiene como principal objetivo intercambiar Co_2 por O_2 (excepto al toser, estornudar, soplar o reírse), la respiración durante el habla/canto se torna mucho más compleja por la participación de otros sistemas y porque el objetivo no tan solo es suplir las necesidades de oxígeno del organismo, sino también necesita generar y mantener un nivel constante de corriente espiratoria que mantenga la presión subglótica necesaria para crear la fonación, resonancia y articulación.

El sistema respiratorio provee las fuerzas conductoras que son capaces de generar la fonación. Las acciones de este aparato durante el habla o canto contribuyen al control de factores tales como la intensidad del habla, la frecuencia fundamental, los acentos, la entonación y la segmentación del habla en unidades (silaba, palabras, frases)[94].

Antes de detallar más específicamente la función respiratoria durante el habla y el canto, es necesario revisar los conceptos básicos del proceso aerodinámico que ocurre durante la producción de la voz.

La voz es producida cuando la presión subglótica, generada por un volumen pulmonar de aire exhalado, excede la resistencia de los pliegues vocales que se encuentran aducidos, activándolos, de manera que comienzan a oscilar. Cuando los pliegues vocales oscilan se emiten pulsos de aire desde la glotis que es la energía acústica que es percibida como voz.

En ese sentido, el volumen, presión, resistencia y flujo de aire, tienen un rol primordial en la producción del habla o canto. A partir de estos elementos básicos, podemos especificar que las medidas aerodinámicas de la fonación son: presión subglótica, presión supraglótica (presión intraoral), flujo transglótico y resistencia glótica. Las presiones de aire señaladas son usualmente medidas en cm de H2O y el flujo transglótico es medido en ml/seg.

La presión subglótica actúa como una fuerza por debajo de los pliegues vocales que va subiendo hasta que supera la resistencia opuestas por éstos, dando así inicio a la oscilación. Esta presión más el flujo de aire, representan la energía disponible para la creación de la señal acústica de la voz[93,96].

Una medida derivada de la presión subglótica es el umbral de presión de la fonación, este último es definido como la mínima presión subglótica requerida para que los pliegues vocales entren en oscilación (inicio de la fonación). El umbral de presión de la fonación es de vital importancia porque ayuda a predecir las capacidades vibratorias de los pliegues vocales saludables o con alteraciones. Por ejemplo, un individuo con alteración funcional u orgánica en los pliegues vocales, probablemente tendrá un umbral de presión de la fonación incrementado, es decir que para poder iniciar o mantener la fonación, necesitará mayor cantidad de presión subglótica, comparado con unos pliegues vocales en buen estado funcional y orgánico[93,96,97].

La resistencia laríngea es una medida que deriva de la combinación de las medidas de presión y flujo, o sea, no puede ser medida directamente. Esta es calculada dividiendo la presión subglótica por el promedio de velocidad de flujo. Esta medida sirve como una estimación de la función valvular de la laringe. Desde el punto de vista clínico, una resistencia laríngea elevada puede ser atribuida a una excesiva presión subglótica y/o insuficiente flujo transglótico[96,98,100].

Ejemplificando lo anteriormente mencionado, una voz que presenta un excesivo flujo podría tener como origen la presencia de una incompetencia glótica (baja resistencia laríngea) o un aumento de la presión subglótica. En este caso el sujeto presentaría, perceptualmente una voz aspirada o soplada. Otro ejemplo diferente lo constituye un individuo que tiene un patrón vocal hiperfuncional (excesiva aducción en los pliegues vocales). En este caso la presión subglótica podría también estar elevada producto del aumento de la resistencia glótica. Al incrementarse la resistencia de los pliegues vocales, el sistema respiratorio compensa esto aumentando la presión de aire con el objetivo de vencer la elevada resistencia glótica. Si la resistencia glótica está muy acrecentada y no existe un incremento proporcional de la presión subglótica, el flujo glótico estará disminuido.

Para comprender la participación de la musculatura durante esta función, es importante saber que para producir el habla los pliegues vocales deben estar casi completamente aducidos y su separación es producida por el flujo de aire que pasa entre ellos, generando así la fonación. La fuerza aerodinámica creada por los pulmones y músculos es denominada presión subglótica. La presión subglótica necesaria para producir el habla puede variar de 3 cmH_2O durante una emisión suave y hasta cerca de 20 cmH_2O en una emi-

Susanibar F, Guzman M, Dacillo C. Fisiología de la respiración para fonoaudiología. In: Susanibar F, Parra D. Dioses A (Coord.). Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias. Madrid: EOS. 2013.

sión intensa[28] y además se necesita que sea constante. Sin embargo, cuando respiramos tranquilamente la presión subglótica variará constantemente a medida que los pulmones se relajan pudiendo, en algún punto, sobrepasar las necesidades para el habla y en otro momento ser insuficiente para ella.

La regulación de un flujo de aire con una presión constante, es uno de los mecanismos más complejos y extraordinarios del sistema respiratorio y que describiremos a continuación.

Al 100% de la capacidad pulmonar vital, son generadas presiones subglóticas de hasta 40 cmH_2O[28], sin la contribución de la contracción de la musculatura espiratoria, o sea, gracias al relajamiento del pulmón por la capacidad elástica. Teniendo como base estos datos se puede esquematizar el siguiente cuadro.

Cuadro 07. *Relación entre capacidad pulmonar y presión subglótica*

CAPACIDAD PULMONAR VITAL	PRESIÓN SUBGLÓTICA GENERADA
100%	40 cmH_2O
80%	32 cmH_2O
75%	30 cmH_2O
60%	24 cmH_2O
50%	20 cmH_2O
45%	18 cmH_2O
40%	16 cmH_2O
35%	14 cmH_2O
25%	10 cmH_2O

En ese sentido, si la producción del habla de un individuo requiere 15 cmH_2O y sabemos que al terminar la inspiración en una capacidad vital al 100% se tiene 40 cmH_2O notamos que la presión subglótica es excedida por 25 cmH_2O, en ese punto, para que la presión por la relajación pulmonar pasiva no exceda lo requerido por el hablante, los músculos inspiratorios permanecen en contracción reteniendo en este caso 25 cmH_2O y dejando una presión de 15 cmH_2O. A medida que la capacidad vital disminuya como en 80%, se tendrá 32 cmH_2O y los músculos tendrán que retener 17 cmH_2O. Alrededor de 40 y 35% de la capacidad vital se tendrá aproximadamente 15 cmH_2O de presión subglótica y la relajación pasiva del pulmón y tórax mantendrá la producción del habla sin la necesidad de la participación muscular. En niveles más bajos de capacidad vital, que para este caso sería 25% en la que la presión subglótica sería 10 cmH_2O y por consiguiente es insuficiente para suplir la necesidad del individuo la musculatura espiratoria, entraría en acción con la finalidad de mantener una presión constante de 15 cmH_2O a pesar que la presión de relajamiento ya se tornó negativa.

De esta manera, se demuestra que el mecanismo respiración-habla/canto es complejo y requiere una coordinación precisa del sistema neuromuscular respiratorio. Esta acción muscular es denominada por Zemlin[28] como **acción de control**. Esta permitirá controlar el flujo de presión subglótica demandada durante el habla. En ese sentido, cuando hablamos no lo hacemos de manera monótona, por el contrario, para ser comprendidos

utilizamos características prosódicas y articulatorias que requieren mayor o menor presión subglótica durante una conversación. Estos ajustes se darán por la acción de control efectuada por los músculos inspiratorios y espiratorios activándose y desactivándose según las necesidades del mensaje hablado. Esta compleja interrelación es esquematizada en el cuadro 08.

Cuadro 08. *Relación entre capacidad pulmonar, presión subglótica y acción de control muscular*

EJEMPLO BASADO EN UN INDIVIDUO QUE REQUIERE 15 CMH_2O PARA PRODUCIR EL HABLA				
Capacidad pulmonar vital	**Presión subglótica generada**	**Acción muscular**	**Presión subglótica retenida (-) o incrementada (+) por los músculos**	**Presión subglótica permanentemente constante**
100%	40 mH_2O	Los músculos inspiratorios se encuentran activados	- 25 cmH_2O	15 cmH_2O
80%	32 cmH_2O		- 17 cmH_2O	15 cmH_2O
75%	30 cmH_2O		- 15 cmH_2O	15 cmH_2O
60%	24 cmH_2O		- 9 cmH_2O	15 cmH_2O
50%	20 cmH_2O		- 5 cmH_2O	15 cmH_2O
45%	18 cmH_2O		- 3 cmH_2O	15 cmH_2O
40%	16 cmH_2O	No existe acción muscular, la capacidad de relajamiento pulmonar es suficiente	1 o 0 cmH_2O	15 cmH_2O
35%	14 cmH_2O		1 o 0 cmH_2O	15 cmH_2O
25%	10 cmH_2O	Los músculos espiratorios entran en acción	+ 5 cmH_2O	15 cmH_2O

5. TIPO Y MODO RESPIRATORIO

El **tipo respiratorio** es la expansión de la caja torácica, abdomen y movimientos asociados de la cintura escapular durante la etapa inspiratoria del ciclo respiratorio. Se clasifica en clavicular o superior, medio, mixto o torácico, abdominal o inferior, costodiafragmático o costodiafragmatico-abdominal e invertida[2,10,28,34,] .

Tipo **clavicular o superior**, se caracteriza por la elevación del tórax y hombros durante la inspiración[2,10,11,28] y que algunas veces puede estar acompañada de un movimiento anterior de la cabeza[10,11,58]. En este tipo respiratorio participan activamente los músculos del cuello y algunas veces es posible observar la contracción del esternocleidomastoideo. Así, este patrón puede causar una tensión excesiva en la faringe y laringe con la intensión de mantener una presión subglótica necesaria para el habla, reduciendo el gasto de aire, ya que el almacenado en los pulmones es insuficiente[10,11,66,83]. Son pocas personas las que presentan este tipo respiratorio. Asimismo, es probable que no se efectúe un patrón clavicular exclusivo y sí acompañado de un tipo torácico[66].

Tipo **medio, mixto o torácico**, en este se observa poca elevación torácica o abdominal durante la inspiración[2,10,11], pero si una expansión lateral[28] y anterior de la región media del tórax[10,11,39].

Susanibar F, Guzman M, Dacillo C. Fisiología de la respiración para fonoaudiología. In: Susanibar F, Parra D. Dioses A (Coord.). Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias. Madrid: EOS. 2013.

Tipo **inferior o abdominal**, se caracteriza por la expansión anterior del abdomen[2,10,11,28,39] y ausencia de movimientos torácicos[10,11].

Cabe resaltar que los tipos respiratorios medio e inferior no necesariamente utilizan un músculo o grupo muscular (intercostales o diafragma respectivamente) de manera selectiva durante su ejecución como cotidianamente se supondría[74]. Esta característica es sustentada por la tendencia al tipo medio e inferior observada en la población[10,11,65,66,68].

Tipo **diafragmático-abdominal o costodiafragmático-abdominal**, que se caracteriza por presentar una expansión harmónica de toda la caja torácica, sin excesos en la región superior o inferior. Existe un aprovechamiento de toda el área pulmonar[10,11] y es la respiración mecánicamente más eficaz para el desarrollo de la voz cantada[2,10,11,36,38]. A pesar de ello, según lo expuesto anteriormente, efectuar una inspiración profunda causaría un gasto de energía excesivo por la necesidad de activación del mecanismo de acción de control realizada por la musculatura inspiratoria que permanecería contraída para graduar la salida de presión subglótica necesaria para el habla y en caso contrario se puede instalar una hiperfunción glótica con la misma finalidad[10,11,28,60].

Tipo **invertido o de oposición**, parece ser causada por la falta de control sobre el patrón secuencial de contracción muscular, como en el paralítico cerebral infantil. Aparentemente, se caracteriza por contraer simultáneamente los músculos inspiratorios y espiratorios[28] o a la parálisis diafragmática porque el músculo se desplaza hacia arriba y no hacia abajo durante la inspiración[34]. Este patrón puede alterar la producción del habla creando pausas innecesarias[28] mostrándose inadecuado en cualquier momento[34].

El **Modo respiratorio** está relacionado a la forma y cualidades de audibilidad con la ingresa del aire durante la etapa inspiratoria del ciclo respiratorio[2]. Es clasificado según la forma en la que ingresa el aire en nasal, oronasal y oral, y a las cualidades de audibilidad en silente y ruidosa.

Modo **nasal**, se caracteriza porque el individuo permanece con la cavidad oral ocluida y su inspiración es silente. Una cualidad audible podría indicar alguna dificultad en el ingreso del aire. Este modo solo se aprecia durante la respiración tranquila, siendo modificada durante la respiración forzada y durante el habla/canto[2].

Modo **oronasal**, se aprecia la cavidad oral abierta y la inspiración puede mostrarse silente o ruidosa. Considerada inadecuada durante la respiración tranquila, pero necesaria durante la respiración forzada, como cuando corremos; y también durante el habla/canto ya que para mantener un diálogo fluido se requiere el ingreso breve del aire a los pulmones. La nariz ofrece mucha resistencia al ingreso de aire, de esta manera, la inspiración tardaría varios segundos más que la inspiración oronasal, tornando el habla o canto muy pausados [2].

Modo **oral**, también se caracteriza porque el individuo permanece con la cavidad oral abierta y la inspiración puede ser ruidosa o silente. Si se aprecia durante la respiración tranquila indica un grado más severo de alteración en el modo, sin embargo, es poco observada[84] y su diagnóstico perceptivo es muy subjetivo. Por otro

lado, es considerada adecuada durante la respiración forzada efectuada en algunos deportes como la natación[2].

Cuadro 09. *Tipo y Modo respiratorio en las diferentes formas respiratorias*

Tipo y modo respiratorio / Forma de respiración	Tipo	Modo
Tranquila	En bebés y niños generalmente inferior. En adultos habitualmente inferior en hombre y torácico en mujeres.	Nasal y silente.
Durante el habla/canto	Durante el habla cotidiana el mismo tipo de la respiración tranquila. Durante el canto el tipo esperado es el costodiafragmático-abdominal.	Oronasal y algunas veces oral.
Forzada	Probablemente se presentan los tipos inferior, medio o costodiafragmático-abdominal.	Oronasal y algunos deportes como la natación oral.

6. CONCLUSIÓN

Los fundamentos expuestos hasta aquí nos permiten reflexionar sobre el artuar clínico durante la evaluación y abordaje de las alteraciones respiratorias. Asimismo, permite replantear la visión de la interrelación de esta función con otras como el habla, esclareciendo los criterios de normalidad y alteración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SBFa, Comitê de Motricidade Orofacial. *Documento oficial 01/2001 do Comitê de Motricidade Oral da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia* (SBFa), 2001.
2. Susanibar F, Parra D. *Diccionario terminológico de Motricidad Orofacial.* EOS: España. 2011.
3. Marchesan IQ. Alterações de fala de origem muscoloesquelética. In: Ferreira L.P., Befi-Lopes DM, Limongi SCO. *Tratado de Fonoaudiologia.* São Paulo: Roca, 2004. p.292-303.
4. Marchesan IQ. Alterações de fala músculo-esqueléticas: Possibilidades de cura. In: Comitê de Motricidade Orofacial. *Motricidade Orofacial – como atuam os especialistas.* São José dos Campos – SP: Pulso Editorial; 2004. p. 243-9.
5. Marchesan IQ. Alterações de fala de origem músculoesquelética. In: *Suplemento Especial da Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia* do XII Congresso Brasileiro de Fonoaudiologia e II Encontro Sul Brasileiro de Fonoaudiologia da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia Foz do Iguaçu: PR. 2004.
6. Marchesan IQ. Avaliação e Terapia dos Problemas da Respiração. In: Marchesan IQ. *Fundamentos em Fonoaudiologia: Aspectos Clínicos da Motricidade Oral.* 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005. p. 29-43.
7. Tessitore A. Alterações oromiofuncionais em respiradores orais. In: Ferreira LP,

Befi-Lopes DM, Limongi SCO. *Tratado de fonoaudiologia.* São Paulo: Roca, 2004. p. 261-76.

8. Kyrillos LCR. Distúrbios da voz em crianças: fatores causais e prevenção. *Mundo Saúde, 19* (5) 1995:177-81.
9. Gonçalves MI, Weckx LL, Behlau MS, Lederman HM, Lourenço MT, Hirata CH. *Exame otorrinolaringológico, cinefluroscopia e análise perceptual auditiva em crianças com indicação de adenoidectomia.* Acta Awho. 1989;8:17-20.
10. Behlau M, Pontes P. *Avaliação e tratamento das disfonias.* São Paulo: Lovise, 1995.
11. Behlau M, Madazio G, Feijó D, Pontes P. Avaliação da voz. In: Behlau, M. *Voz: o livro do especialista. Volume I.* Brasil. Revinter. 2001.
12. Reilly KJ, Moore CA. Respiratory sinus arrhythmia during speech production. *J Speech Lang Hear Res; 46* (1):164-77, 2003 Feb.
13. Lee L, Loudon RG, Jacobson BH, Stuebing R. Speech breathing in patients with lung disease. *Am Rev Respir Dis; 147* (5):1199-206, 1993 May.
14. Frasson JMD, Magnani MBBA, Nouer DF, Siqueira VCV, Lunardi N. Estudo cefalométrico comparativo entre respiradores nasais e predominantemente bucais. *Rev Bras Otorrinolaringol. 72* (1); 2006 72-82.
15. Bianchini, EMG. Desproporções maxilomandibulares: atuação fonoaudiológica em pacientes submetidos à cirurgia ortognática. In: *Tópicos em fonoaudiologia,* São Paulo, Lovise, 1995. p.129-45.
16. Andrade FV, Andrade DV, Araujo AS, Ribeiro ACC, Deccax LDG, Nemr K. Alterações estruturais de órgãos fonoarticulatórios e más oclusões dentárias em respiradores orais de 6 a 10 anos. *Rev CEFAC* 2005 jul-set, v.7, n.3, 318-25.
17. Ribeiro F, Bianconi CC, Mesquita MCM, Assencio-Ferreira VJ. Respiração oral: Alterações oclusais e hábitos orais. *Rev CEFAC* 2002;4:187-190.
18. Rodrigues HOSN, Faria SR, Paula FSG y Motta AR. Ocorrência de respiração oral e alterações miofuncionais orofaciais em sujeitos em tratamento ortodôntico. *Rev CEFAC,* jul-set, v.7, n.3, 356-62.
19. Cunha DA, Silva GAP, Motta MEFA, Lima CR, Silva HJ. A respiração oral em crianças e suas repercussões no estado nutricional. *Rev. CEFAC* jan./mar. 2007, v.9 n.1.
20. Lemos CM, Junqueira PAS, Gomez MVG, Faria MEJ, Basso SC. Estudo da Relação entre a Oclusão Dentária e a Deglutição no Respirador Oral. *Arq. Int. Otorrinolaringol. / Intl. Arch. Otorhinolaryngol.,* 2006.v.10, n.2, p. 114-118.
21. Colle RI, Braga Cabral LM, Miziara Barbosa SR. Análise postural em escolares na faixa etária entre cinco e doze anos portadoras de respiração bucal, Campo Grande, MS, 2002. *Ensaios e Ciência,* Vol. 10, Núm. 1, abril-sin mes, 2006, pp. 195-202.
22. Jansiski L, Domingues M, Porta K, Mesquita-Ferrari R, Biasotto-Gonzalez D, Bussadori S. Relação da postura cervical e oclusão dentária em crianças respiradoras orais. *Revista CEFAC,* 2009, vol. 11, núm. 3, pp. 298-304.
23. Tessitore A. Sistema Estomatognático e Postura. In. Silva, H.J.; Cunha, D.A. O *Sistema Estomatognático.* São Paulo. Pulso. 2011.

Susanibar F, Guzman M, Dacillo C. Fisiología de la respiración para fonoaudiología. In: Susanibar F, Parra D. Dioses A (Coord.). Motricidad Orofacial: Fundamentos basados en evidencias. Madrid: EOS. 2013.

24. Ganong W. *Fisiología médica.* Mexico. Manuel moderno. 2002.
25. Manns F, Díaz G. *Sistema Estomatognático.* Santiago de Chile – Facultad de Odontología, Universidad de Chile. 1988.
26. Bydloswski SP, Douglas CR. Fisiologia do controle respiratório. In: Douglas, C.R. *Fisiologia aplicada a fonoaudiologia.* São Paulo. Guanabara Koogan. 2006.
27. Bydloswski SP, Douglas CR, Cisternas JR. Fisiologia da mecânica ventilatória e troca gasosa. In: Douglas, C.R. *Fisiologia aplicada a fonoaudiologia.* São Paulo. Guanabara Koogan. 2006.
28. Zemlin WR. *Princípios de anatomia e fisiologia em fonoaudiologia.* Porto Alegre. Artmed. 2000.
29. Cruz E; Moreno, R. *Aparato respiratorio: fisiología y clínica.* Santiago de Chile – Mediterráneo. 1999.
30. Cingolani H, Houssay A. *Fisiología humana: de Houssay.* Buenos Aires. El Ateneo. 2000.
31. Pocock G, Richards C. *Fisiología Humana: la base de la medicina.* Barcelona. Masson. 2005.
32. Guyton A, Hall J. *Fisiología médica.* España. Elsevier. 2006.
33. Steiner A, Middleton, S. *Fisiología Humana.* Santiago de Chile. Universitaria. 1991.
34. West J. *Fisiología respiratoria.* Madrid. Médica Panamericana. 2005.
35. Medillust. *Atlas del cuerpo humano: Anatomía, histología, patología.* España. 2010.
36. Le Huche F, Allali A. *La voz: anatomía y fisiología de los órganos de la voz y el habla.* Barcelona. Masson. 1993.
37. Segre R. *La comunicación oral: normal y patológica.* Buenos Aires. Toray. 1973.
38. Segre R, Naidich S. *Principios de foniatría: para alumnos y profesionales de canto y dicción.* Buenos Aires. Médica Panamericana. 1981.
39. Tortora G, Derrickson, B. *Principios de anatomía y fisiología.* México. Panamericana. 2006.
40. Fernández-Tresguerres HJ, López-Calderón BA. *Anatomía y fisiología del cuerpo humano.* McGraw Hill. 2009.
41. Porth CM. *Fisiología, Salud-enfermedad: un enfoque conceptual.* Panamericana. 2006.
42. Rouviére H, Delmas A. *Anatomía humana: descriptiva, topográfica y funcional. Tomo 1: Cabeza y Cuello.* Barcelona. Masson. 2005.
43. Dângelo J, Fattini C. *Anatomia Humana básica.* São Paulo. Atheneu. 2002.
44. Latarjet A, Ruiz A. *Anatomía humana.* Madrid. Médica Panamericana. 1999.
45. Rodríguez S, Smith-Agreda J. *Anatomía de los órganos del lenguaje, visión y audición.* Madrid. Médica Panamericana. 1999.
46. Barreto BAP, Solé D. Mecanismos defensivos do trato respiratório. In: Douglas, C.R. *Fisiologia aplicada à fonoaudiologia.* São Paulo. Guanabara Koogan. 2006.
47. Becker W, Heinz HN, Rudolf CP. *Otorrinolaringología: Manual Ilustrado.* Antibioticos S.A. 1986.
48. Diamante V. *Otorrinolaringología y Afecciones Conexas*. Argentina. El Ateneo. 2004.

49. Villar M. *Otorrinolaringología.* La Habana. Ciencias Médicas. 2004.
50. Testut L, Latarjet A. *Compendio de anatomía descriptiva.* Barcelona. Masson. 1983.
51. Douglas, C. *Tratado de fisiologia aplicada a fonoaudiologia*. Robe. Brasil. 2002.
52. Norton, N. *Anatomía de cabeza y cuello para odontólogos.* Barcelona. Masson. 2007.
53. Justiniano JR. Respiração oral. *J Bras Ortodondia Ortop Maxilar* 1996;1:44-6.
54. Tsuji DH, Chung D. Causas de obstrucao nasal. In: Krakauer, L.H.; Di Francesco, RC, Marchesan, IQ. (Org). *Conhecimentos essenciais para attender bem a Respiracao Oral.* São Paulo. Pulso. 2003.
55. Marchesan IQ, Krakauer LH. A importância do trabalho respiratório na terapia miofuncional. In: Marchesan IQ, Bolaffi C, Gomes ICD, Zorzi JL, (Org). *Tópicos em Fonoaudiologia,* 1995. São Paulo, 1995. p. 155-60.
56. Imbaud T, Wandalsen G, Nascimento Filho E, Wandalsen NF, Mallozi MC, Solé D. Respiração bucal em pacientes com rinite alérgica: fatores associados e complicações. *Rev Bras Alerg Imunopatol. 29* (4) 2006 :183-7.
57. Marchesan I. *Visão do trabalho fonoaudiológico integrado com outras especialidades*. Pancast. Brasil. 1999.
58. Behlau M, Azevedo R, Madazio G. Anatomia da laringe e fisiologia da produção vocal. In: Behlau M. *Voz: o livro do especialista. Volume I.* Brasil. Revinter. 2001.
59. Busquet L. *Las cadenas musculares: tratamiento del cráneo. Tomo V.* España. Paidotribo. 2006.
60. Palmer J. *Anatomía para a fonoaudiologia*. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 2003.
61. Ronson A. *Clinical Voices Disorders.* 3rd ed. New York: Thieme, 1990.
62. Smith A y Deny M. High frecuency oscillations as indicators of neural control mechanisms in human respiration, mastication and speech. *J Neurophysiol* 63:745-58, 1990
63. Rahn H, Otis AB, Chadwick LE e Fenn W. The Pressure-Volume Diagram of the Thorax and Lung. *Amer. J. Physiol.,* 146, 1946, 161-178.
64. Thompson V, Zubizarreta J, Bertelli J y Campos J. *Compendio de otorrinolaringología.* Buenos Aires. El Ateneo. 2005.
65. Lindsley C. Objective Study of the Respiratory Processes Accompanying Speech. *Quart. J. Sp.,* 15, 1929, 42-48.
66. Gray G. Regional Predominance in Respiration in Relation to Certain Aspects of Voice. pp. 59-76. In G. W. Gray, ed., *Studies in Experimental Phonetics,* Louisiana University Studies, No. 27. Baton Rouge: Louisiana State University Press, 1936.
67. Hernandez AM. Atuação Fonaudiológica com o Sistema Estomatognático e a função de alimentação. In: Hernandez, A.M (Org.) *Conhecimentos essenciais para atender bem o neonato.* São Jose dos Campos. Pulso. 2003.
68. Sallee W. An Objective Study of Respiration in Relation to Audibility in Connected Speech, pp. 52-58. In G. W. Gray, ed. *Studies in Experimental Phonetics,* Louisiana University Studies, No. 27. Baton Rouge: Louisiana State University Press, 1936.
69. Hixon T, Goldman M y Mead J. Kinematics of the chest wall during speech production, volume displacements of the rib cage, abdomen, and lung. *J Speech Hear*

Res 16:78-115, 1973.

70. Hoit J y Hixon T. Aging and speech breathing. *J Speech Hear Res* 30:351-66, 1987.
71. Russell N. y Stathopoulos E. Lung volumen changes in childrenand adults during speech production. *J Speech Hear Res* 31:146-55, 1988.
72. Mitchell HL, Hoit JD y Watson PJ. Cognitive-linguistic demands and speech breathing. *J Speech Hear Res* 39:93-104; 1-18, 1996.
73. Campbell E. *The Muscular control of Breathing in Man.* Ph. D. diss., University of London. 1954
74. Wade OL. *The Chest and Diaphragm in Respiration.* Tese de M.D, University of Cambridge, 1951.
75. Douglas CR. Fisiologia da fala e da fonoarticulação. In: Douglas, C.R. *Fisiologia aplicada à fonoaudiologia.* São Paulo. Guanabara Koogan. 2006.
76. Winkworth A, Davis P, Ellis E, Adams R. Variability and consistency in speech beating during reading: lung volumes, speech intensity, and linguistic factors. *J. Speech Hear Res.* 37: 535-556. 1994.
77. Hoit J. Influence of body position on breathing and its implications for the evaluation and treatment of speech and voice disorders. *J Voice* 9:341-7, 1995.
78. Lippert. Anatomía con orientación clínica. Madrid. Marbán. 2005.
79. Rouviére H, Delmas A. *Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional: Tomo 2. Tronco.* Barcelona. Masson. 2005.
80. Moore K, Dalley A, Agur A. *Anatomía con orientación clínica.* Sexta edición. España. Lippincott Williams & Wilkins. 2010.
81. Silverthorn D. *Fisiología Humana: Um enfoque integrado.* Cuarta edición. Buenos Aires. Panamericana. 2008.
82. Di Francesco RC. Consequências da respiração oral. In: Krakauer LH, Di Francesco RC, Marchesan IQ. *Conhecimentos essenciais para atender bem a Respiração Oral.* São José dos Campos. Pulso. 2003.
83. Boone D y McFarlane S. *A voz e a Terapia Vocal.* SP. Artmed. 2003.
84. Barreto, ACYR. *Respiração oral proposta de um novo instrumento para avaliação do modo respiratório* [tese]. Piracicaba (SP): Universidade Estadual de Campinas; 2003.
85. Hoit J y Hixon T. Body type and speech breathing. *J Speech Hear Res* 29:313-24,1986.
86. Winkworth A, Davis P, Adams R. Ellis E. Breathing Patterns During Spontaneous *J. Speech Hear Res.* 38: 124-144. 1995.
87. Hoshiko M. Sequence of Action of Breathing Muscles During Speech. *J Sp. Hrng. Res.,* 3 291-297, 1960.
88. Idol HR. A Statistical Study of Respiration in Relation to Speech Characteristics. 79-98. In: G.W. Gray ed. *Studies in Experimental Phonetics,* Louisiana State Studies, N°27 Baton Rouge: Louisiana State University Press, 1936.
89. Tsuji DH, Chung D. Causas de obstrução nasal. In: Krakauer LH, Di Francesco RC, Marchesan IQ. *Conhecimentos essenciais para atender bem a Respiração Oral.*

São José dos Campos. Pulso. 2003.

90. Di Francesco RC. As tonsilas e sua influencia na respiração oral: quando indicar a cirurgia. In: Krakauer LH, Di Francesco RC, Marchesan IQ. *Conhecimentos essenciais para atender bem a Respiração Oral.* São José dos Campos. Pulso. 2003.
91. Sobotta. *Atlas de anatomia humana. Tomo 1: cabeza, cuello, miembro superior.* Buenos Aires. Medica Panamericana. 2007.
92. Tessitore A, Cattoni DM. Diagnostico das alterações de respiração, mastigação e deglutição. In: Fernandes FDM, Mendes BCA, Navas ALPGP. *Tratado de Fonoaudiología,* segunda edição. São Paulo. Roca. 2010.
93. Proffit W. *Ortodoncia contemporánea: teoría y práctica.* 3ra ed. España: Harcourt; 2002.
94. Warren DW, Mayo R, Zajac DJ, Rochet AH. Dyspnea following experimentally induced increased nasal airway resistance. *Cleft Palate-Craniofac J.* 33:231-235, 1996.
95. Niinimaa V, Cole P, Mintz S, Shephard RJ. Oronasal distribution of respiratori airflow. *Respir Physiol.* 43:69-75, 1981.
96. Susanibar F, Dacillo C. Avaliação da Respiração: Protocolo de Avaliação Fonoaudiológica da Respiração com Escores – PAFORE. São José dos Campos. Pulso, 2013.
97. Stemple J. Clinical Voice Pathology, theory and management. 2000; Canada: Singular Thomson Learning Press.
98. Hixon T, Weismer G, Hoit J. Peclinical Speech Science. 2008; San Diego: Plural Publishing Press.
99. Hixon T. Respiratory function in Singing. 2006; Tucson: Redington Brown Press.
100. Baken R, Orlikoff R. Clínical measurements of speech and voice. 2000; San Diego: Canada: Singular Thomson Learning Press
101. Titze I. Phonation threshold pressure: A missing link in glottal aerodynamics. Journal of the Acoustical Society of America. 1992; 91: 2926-2935.
102. Mehta D, Hillman R. Use of Aerodynamic Measures in Clinical Voice Assessment. Perspectives on voice and voice disorders. 2007;17:14-18
103. Baken R. Clinical measurement of speech and voice. 1987; Boston: College-Hill Press.
104. Hillman R. Aerodynamic assessment of vocal function. In R. D. Kent (Ed.), The MIT encyclopedia of communication disorders.2004; Cambridge, MA: The MIT Press.